

09-012

EVALUATION OF THE IMPLICIT COMPETENCES OF THE ARTISAN WORK USED FOR THE LEARNING OF THE SUBJECT "MOCKUPS, MODELS AND PROTOTYPES"

Cano-Moreno, Juan David⁽¹⁾; Arenas Reina, José Manuel⁽¹⁾; Alia García, Cristina⁽¹⁾; Islán Marcos,
Manuel Enrique⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidad Politécnica de Madrid

In recent years, new educational strategies at high education are being implemented, which are quite different from the classic master class. Among these other ways of teaching are "Project Based Learning" (PBL) and "Learning by Doing" (LBD). With both methodologies it is about recovering the keys of the learning of the ancient craftsmen. Among the advantages of these learning systems, it is worth mentioning the acquisition of implicit competences for group work and communication (PBL) and serve as a stimulus for autonomous work and creativity (LBD). The subject of "Mockups, Models and Prototypes" is taught to students in the third year of the of "Degree in Engineering in Industrial Design and Product Development" at the E.T.S. of Engineering and Industrial Design (Universidad Politécnica de Madrid). The competences that students should acquire with the learning of this subject advise the use of PBL and LBD methods. This paper shows the procedure used to simultaneously implement both teaching methodologies and value the benefits obtained in the learning of students through the evaluation of acquired skills.

Keywords: *project based learning; learning by doing; industrial design; mockup; model; prototype*

EVALUACIÓN DE LAS COMPETENCIAS IMPLÍCITAS DEL TRABAJO ARTESANAL UTILIZADO PARA EL APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA "MODELOS, MAQUETAS Y PROTOTIPOS".

En los últimos años se están poniendo en marcha nuevas estrategias educativas a nivel universitario que difieren bastante de la clásica lección magistral. Entre estas otras formas de enseñar se encuentran el "aprendizaje basado en proyectos" (PBL - Project Based Learning) y el "aprender haciendo" (LBD – Learning by Doing). Con ambas metodologías se trata de recuperar las claves del aprendizaje de los antiguos artesanos. Entre las ventajas de estos sistemas de aprendizaje, cabe destacar la adquisición de competencias implícitas para el trabajo en grupo y la comunicación (PBL) y servir de estímulo para el trabajo autónomo y la creatividad (LBD). La asignatura de "Modelos, Maquetas y Prototipos" se imparte a los alumnos de tercer curso de la titulación de "Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto" de la E.T.S. de Ingeniería y Diseño Industrial (Universidad Politécnica de Madrid). Las competencias que deben adquirir los alumnos con el aprendizaje de esta asignatura aconsejan el empleo de los métodos PBL y LBD. En el presente trabajo se muestra el procedimiento empleado para implantar simultáneamente ambas metodologías docentes y se valoran los beneficios obtenidos en el aprendizaje de los alumnos mediante la evaluación de las competencias adquiridas.

Palabras clave: *aprendizaje basado en proyectos; aprender haciendo; diseño industrial; maquetas; modelos; prototipos*

Correspondencia: juandavid.cano@upm.es



©2018 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

La artesanía, los artesanos, llevan cientos de años existiendo. Los artesanos ya estaban considerados en la Grecia antigua en tiempos de Platón («Artesanía en la Antigua Grecia (Primera parte)», s. f.; Estética, 2013) y han ido sobreviviendo a lo largo de los años. Así, en la edad media («Artesanía en la Edad Media», 2011; «¿Qué eran y cómo surgieron los gremios medievales?», s. f.), los artesanos vivían agrupados en gremios según el trabajo que desarrollaban, lo que ha dado lugar al nombre de algunas calles como “cuchilleros”, “vinateros”, “artilleros”, etc. Este tipo de trabajo ya no está tan extendido, aunque sí está valorado.

El artesano, desde su etapa de aprendiz, trabaja haciendo, y aprende haciendo, además de estar guiado por un maestro artesano o por un grupo de maestros artesanos y aprendices. Esta forma de aprender, tan antigua, se está poniendo en marcha como parte de nuevas estrategias educativas a nivel universitario que difieren bastante de la clásica lección magistral.

Entre estas estrategias, hay muchas relacionadas con la formación y el trabajo del clásico “artesano” a pesar de ser actualmente tratadas como novedosas. Así, entre estas, se encuentran diversas publicaciones sobre el uso y aplicación de el “aprendizaje basado en proyectos” (PBL - Project Based Learning)(Alves et al., 2016; Araujo, Arantes, Danza, Pinheiro, & Garbin, 2016; Barak Miri & Dori Yehudit Judy, 2004; Frank, Lavy, & Elata, 2003; Hall Alfred & Miro Danielle, 2016) y el “aprender haciendo” (LBD – Learning by Doing) (Kammermann, Weissinger, Meyer, & Herzog, 2013; Pozzi, Noè, & Rossi, 2015; Sevlí, Turkaslan, & Yigitarslan, 2013; West, Flowers, & Gilmore, 1990; Yazici & Töre, 2014; Sergio Artal-Sevil, Manuel Artacho, & Romero, 2015). Entre las ventajas de estos sistemas de aprendizaje, cabe destacar la adquisición de competencias implícitas(Blumenfeld et al., 1991; Sergio Artal-Sevil et al., 2015) para el trabajo en grupo y la comunicación (PBL) y servir de estímulo para el trabajo autónomo y desarrollo de la creatividad (LBD).

La asignatura de “Modelos, Maquetas y Prototipos” se imparte, desde hace 5 años, a los alumnos de tercer curso de la titulación de “Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto” de la E.T.S. de Ingeniería y Diseño Industrial (Universidad Politécnica de Madrid). Las competencias que deben adquirir los alumnos con el aprendizaje de esta asignatura aconsejan la utilización de metodologías docentes muy prácticas. Por tanto, resulta una asignatura muy apropiada para emplear los métodos PBL y LBD y obtener todos sus potenciales beneficios.

En el presente trabajo se muestra el procedimiento empleado para implantar simultáneamente ambas metodologías docentes y se valoran los beneficios obtenidos en el aprendizaje de los alumnos mediante la evaluación de las competencias adquiridas.

2. La asignatura: “Modelos, Maquetas y Prototipos”

En la asignatura “Modelos, Maquetas y Prototipos” hay un total de más de 70 alumnos en cada curso, que se agrupan en tres grupos. En cada uno de estos grupos, de unos 25-30 alumnos, tiene que asistir al aula-taller 1 día a la semana, un total de 3 horas. Estas tres horas se dividen a su vez en dos partes bien diferenciadas. Hay una primera, de una hora,

parte teórico-práctica, que se dedica a la realización de maquetas, modelos y prototipos de forma individual. Después, hay una segunda parte, de dos horas, también teórico-práctica (5%-95%), en la que se desarrollan trabajos en grupo de 4-6 personas. Hay 3 profesores dedicados a la enseñanza de esta asignatura, y se coordinan tanto los trabajos individuales como los grupales.

En el Plan de Estudios de 2010 no se han considerado requisitos previos obligatorios relativos a asignaturas superadas ni conocimientos previos específicos para el seguimiento de la asignatura de “Modelos, Maquetas y Prototipos”.

No obstante, dado que se trata de una asignatura muy práctica donde se requiere habilidad para realizar los bocetos y dibujos (previos a las construcciones tridimensionales), se considera conveniente que los alumnos hayan superado una mayoría de las materias relacionadas con las áreas de expresión gráfica y artística antes de cursar “Modelos, Maquetas y Prototipos”. De esta forma, los alumnos obtendrán un mayor rendimiento de su aprendizaje ya que dispondrán de una mejor base gráfica y artística para realizar las construcciones tridimensionales.

3. Metodología docente

La metodología docente comprende una serie de métodos y técnicas docentes, además de la interacción entre los distintos agentes presentes en las clases, alumnos y profesores.

Así, entre los **métodos docentes** principales se tiene:

1. Predominio del razonamiento deductivo, presentando contenidos de lo general a lo particular. Uso de método comparativo.
2. Se presentan datos en orden lógico, causa-efecto.
3. Lenguaje simbólico o verbal. Visual, viendo materiales y herramientas.
4. Materia desarrollada un método sistemático, con guión establecido, rígido.

En cuanto al comportamiento de los alumnos, se puede decir que tienen un comportamiento predominantemente pasivo en la parte de explicaciones teóricas, aunque se dinamiza empleando el método de la pregunta entre otros. En la parte práctica, podemos dividirlo en dos partes:

1. Ejercicios individuales, alumnos activos, tomando el profesor el papel de guía-orientador.
2. Ejercicios grupales: alumnos muy activos, pasa profesor a segundo plano.

La relación profesor alumno es muy cercana, estableciéndose a nivel individual y colectivo en las clases teóricas, tutorías y ejercicios individuales y en grupo.

Por otro lado, las **técnicas docentes** empleadas son las siguientes:

1. **Técnica expositiva** dinamizando con técnica de la pregunta, Phillips 66 o diálogos simultáneos.
2. **Técnica de proyectos (PBL)**, para los trabajos en grupo. Basado en la autonomía y creatividad de los alumnos, pretende alcanzar objetivos como aplicación, análisis, síntesis y evaluación, así como otros como puedan ser los afectivos y psicomotores. Entre los puntos que usa para su definición, destaco:
 - Libertad para la asignación de los cometidos específicos entre los miembros del grupo.
 - Papel secundario del profesor, motivando la iniciativa de los alumnos.
 - Favorece sociabilidad
 - Además, al ser un proyecto de una construcción tridimensional, destacan el empleo de actitudes intelectivas y psicomotoras:
 - Aplicación de conocimientos teóricos a problemas prácticos, con sus condiciones de contorno.
 - Razonamiento analítico y crítico de tipo tecnológico (ventajas/inconvenientes sobre posibles soluciones)
 - Capacidad de síntesis y diseño, al planificar y elaborar un sistema o dispositivo.
 - Esquematización, simbolización y representación. Interpretación de documentos gráficos.
 - Manipulación de máquinas y herramientas.
 - Planificación / optimización en el reparto de tareas y tiempo.
3. **Aprender haciendo (LbD)**, supone un enfrentamiento al mundo real, en el que los diseños deben tener en cuenta las propiedades de cada material, así como las herramientas de que disponen para trabajar dicho material.
 - Empiezan a entender y controlar la diferencia entre lo que pueden concebir y lo que realmente se puede llegar a hacer con cada tipo de material y trabajo a realizar.
4. **Seguimiento** de los trabajos prácticos, individuales y grupales (incluyendo tutorías)
 - Facilita la evaluación del aprendizaje, feedback y que, al explicarse, lo acaban entendiendo mejor.
 - Mejora personalizada en el uso de máquinas y herramientas.
 - Ruptura de la inercia psicológica que puede hacer no valorar otras soluciones a un problema.
 - Mejora la comunicación profesor – alumno.

4. Ejemplos de aplicación

En las siguientes tablas se muestran ejemplos de los distintos trabajos realizados por alumnos de la asignatura con cada tipo de material. En primer lugar se observan trabajos individuales (Tabla 1), y después trabajos realizados por grupos de entre 4-6 personas (Tabla2 y Tabla3).

Tabla 1. Trabajos individuales con distintos materiales.

Poliestireno	Cartón-pluma	Madera
		
Metal - Alambre	Arcilla	Escayola
		

En cuanto a los trabajos en grupo, aunque ya se han realizado varias temáticas distintas a lo largo de los años que se ha impartido la asignatura, se van a exponer dos tipos que representan la tipología de los dos que suelen realizar cada grupo durante el cuatrimestre: una maqueta (Trabajo en grupo I) y un prototipo (Trabajo en grupo II).

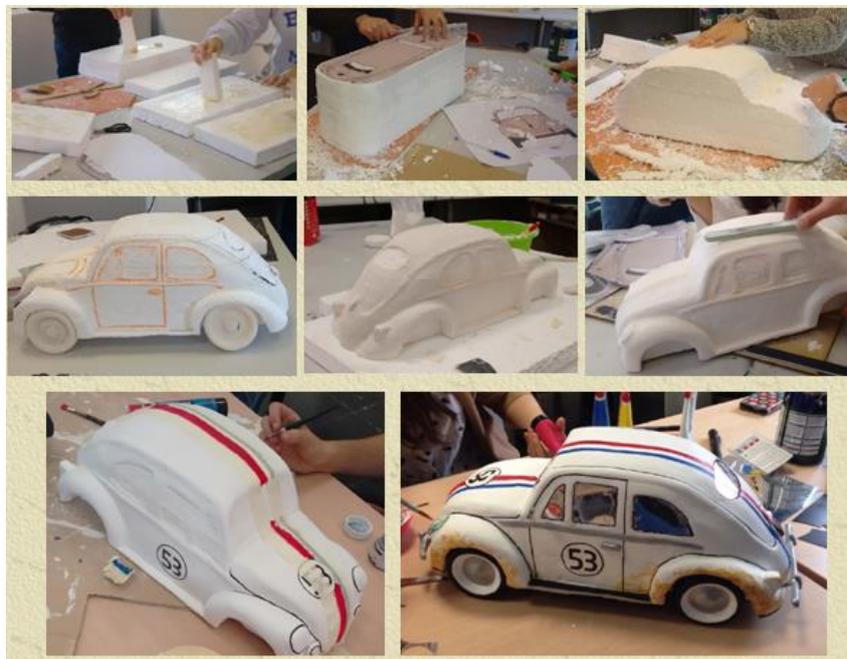
Trabajo en grupo I: Modelo de presentación de un vehículo automóvil

1. Búsqueda de información detallada sobre el vehículo propuesto en catálogos, páginas web del fabricante y revistas del sector.
2. Dibujo de detalle (CAD 2D o 3D).
3. Seleccionar tipo de material y forma de presentación (escala 1:5).
4. Construcción en cartulina de las plantillas de control de formas.
5. Corte de las piezas o planchas a ensamblar.
6. Unión de las planchas con adhesivos para crear un bloque.
7. Desbastado del bloque (por ejemplo, mediante sierra térmica o cúter) y aproximación a la forma final.

8. Acabado superficial mediante lijado (papel de diferentes tamaños de grano) para la definición de la forma.
9. Nivelado superficial con masilla para tapar grietas o endurecedor.
10. Lijado superficial fino (papel de lija de grano muy fino).
11. Adición de elementos decorativos y detalles en diferentes materiales.
12. Recubrimiento superficial para facilitar el pintado (masilla para tapar grietas).
13. Pintado del modelo (en brillo).

En la Tabla 2 se muestran las distintas fases hasta alcanzar el resultado final.

Tabla 2. Ejemplo de trabajo de grupo con poliestireno

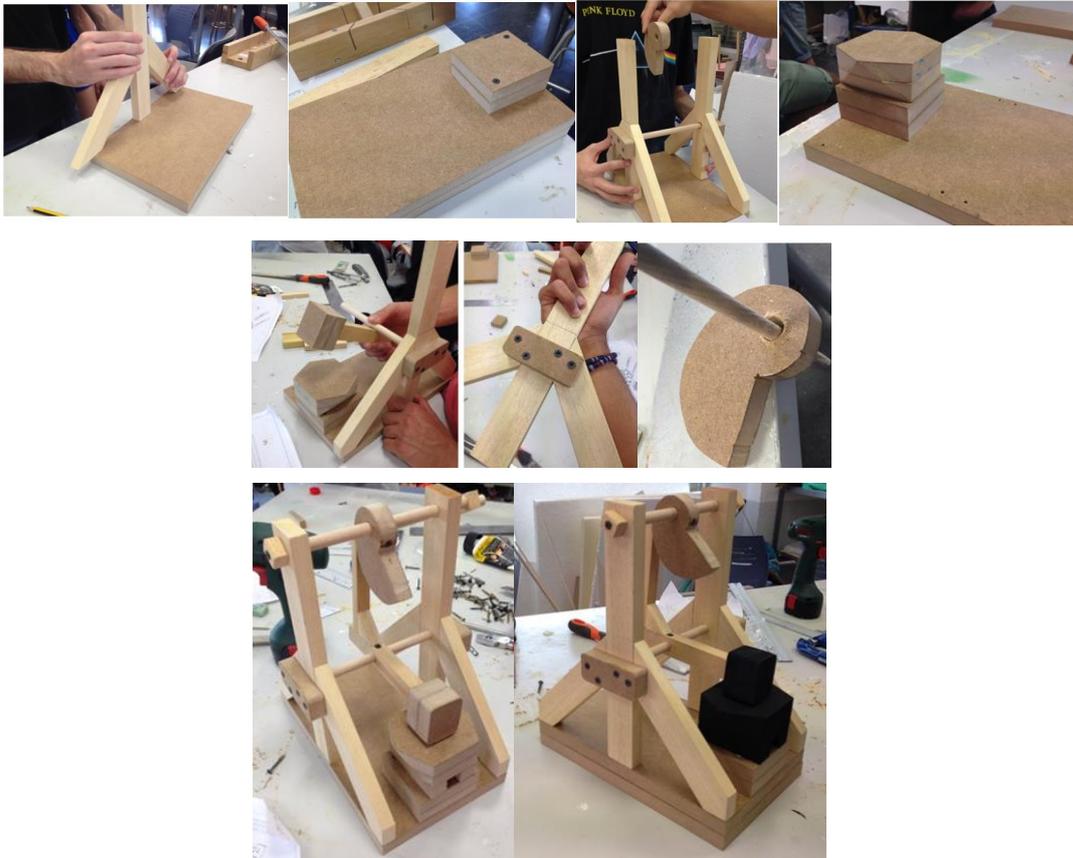


Trabajo en grupo II: Prototipo de objeto industrial con mecanismo o articulación móvil

1. Búsqueda de información sobre el sistema de transformación del movimiento.
2. Croquis o boceto del sistema de transformación propuesto.
3. Dibujo de detalle (CAD 2D o 3D).
4. Seleccionar el material principal (varillas, listones y tableros de madera).
5. Selección de materiales auxiliares: tubos, varillas y/o láminas de metal y plástico.
6. Señalización, corte y unión de las piezas de madera que integran la estructura.
7. Realización del sistema de transformación del movimiento.
8. Acabado superficial mediante lijado y barnizado de los elementos fijos.

En la Tabla 3 se muestran las distintas fases hasta alcanzar el resultado final.

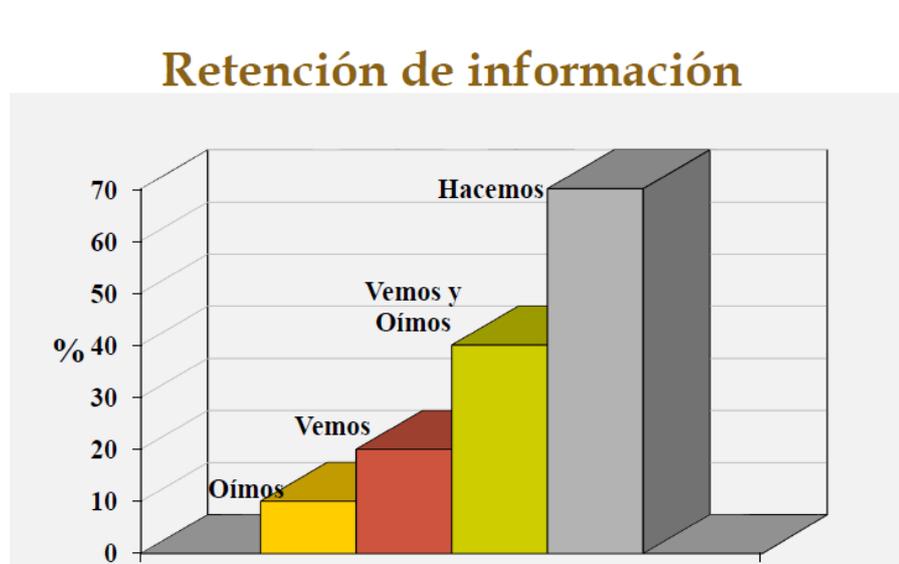
Tabla 3. Ejemplo de trabajo de grupo con madera



5. Resultados

Los resultados de cursar esta asignatura son las competencias adquiridas. Cabe destacar la perdurabilidad de estas competencias, ya que como se muestra en la siguiente figura (Ramos, 2004), la manera en la que más información se retiene es haciendo, de acuerdo también con el cono de aprendizaje de Edgar Dale (Dale, 1969).

Figura 1: Retención de la información en función de la actividad realizada



Esta asignatura se relaciona con la competencia codificada según “CE23”, que hace referencia a los “Conocimientos y capacidades para aplicar las técnicas de ingeniería del producto”. Descriptores:

1. “Diseño y planificación de modelos tridimensionales”
2. “Técnicas de construcción: espumas, modelado, laminados, patrones”
3. “Integración del modelo en el proyecto de diseño”
4. “Evaluación estética y compositiva”
5. “Datos previos y selección de recursos, técnicas y materiales para la construcción del prototipo”
6. “Técnicas de construcción de moldes y patrones”
7. “Técnicas de reproducción de prototipos: termo-conformado, fundición, resinas, mecanizados”
8. “Evaluación técnico-productiva y ensayos”.

Estas competencias adquiridas de forma sólida, serán aplicables en la vida profesional de los ingenieros e ingenieras en actividades como:

1. Diseño y construcción de modelos de productos industriales.
2. Diseño y construcción de maquetas de productos y/o instalaciones industriales.
3. Diseño, construcción y ensayo de prototipos de productos industriales.

6. Conclusiones

A lo largo del artículo, se ha mostrado un ejemplo de aplicación real de los métodos LBD y PBL en una asignatura de ingeniería que, aunque son novedosos, puede considerarse que sus raíces comparten sustrato de la forma de aprender y trabajar de los artesanos a lo largo de nuestra historia.

Las competencias descritas, debido a las metodologías aplicadas, perdurarán en el tiempo más que con la clásica lección magistral y, por tanto, el aprendizaje del alumno será más duradero.

Estos dos métodos han resultado muy apropiados para la docencia de MMP ya que han permitido mejorar la persistencia del aprendizaje y fomentar el trabajo en equipo para la consecución de un objetivo común.

Por ello, los resultados de la evaluación docente de la asignatura han sido excelentes (100 % aprobados).

Finalmente, destacar que las técnicas LBD y PBL son especialmente apropiadas en asignaturas de ingeniería con un fuerte componente práctico y donde se requiere persistencia en el aprendizaje de las técnicas.

7. Bibliografía

- Alves, A. C., Sousa, R. M., Fernandes, S., Cardoso, E., Carvalho, M. A., Figueiredo, J., & Pereira, R. M. S. (2016). Teacher's experiences in PBL: implications for practice. *European Journal of Engineering Education*, 41(2), 123-141. <https://doi.org/10.1080/03043797.2015.1023782>
- Araujo, U. F., Arantes, V. A., Danza, H. C., Pinheiro, V. P. G., & Garbin, M. (2016). Principles and methods to guide education for purpose: a Brazilian experience. *Journal of Education for Teaching*, 42(5), 556-564. <https://doi.org/10.1080/02607476.2016.1226554>
- Artesanía en la Antigua Grecia (Primera parte). (s. f.). Recuperado 3 de abril de 2018, a partir de <http://www.elartesanoaldia.com/periodico/artesania-en-la-antigua-grecia-primera-parte/>
- Artesanía en la Edad Media. (2011, agosto 27). Recuperado 3 de abril de 2018, a partir de <http://www.escuelapedia.com/artesania-en-la-edad-media/>
- Barak Miri, & Dori Yehudit Judy. (2004). Enhancing undergraduate students' chemistry understanding through project-based learning in an IT environment. *Science Education*, 89(1), 117-139. <https://doi.org/10.1002/sce.20027>
- Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). Motivating Project-Based Learning: Sustaining the Doing, Supporting the Learning. *Educational Psychologist*, 26(3-4), 369-398. <https://doi.org/10.1080/00461520.1991.9653139>
- Dale, E. (1969). *Audiovisual Methods in Teaching*. Third Edition. Holt, Rinehart and Winston, Inc.
- Estética, S. D. (2013, septiembre 17). Tocho T8: Artistas y artesanos en la Grecia antigua (según Platón). Recuperado 3 de abril de 2018, a partir de <http://tochocho.blogspot.com.es/2013/09/artistas-y-artesanos-en-la-grecia.html>
- Frank, M., Lavy, I., & Elata, D. (2003). Implementing the Project-Based Learning Approach in an Academic Engineering Course. *International Journal of Technology and Design Education*, 13(3), 273-288. <https://doi.org/10.1023/A:1026192113732>
- Hall Alfred, & Miro Danielle. (2016). A Study of Student Engagement in Project- Based Learning Across Multiple Approaches to STEM Education Programs. *School Science and Mathematics*, 116(6), 310-319. <https://doi.org/10.1111/ssm.12182>

- Kammermann, J., Weissinger, C., Meyer, W., & Herzog, H. G. (2013). Adveisor – Learning by Doing – The experience of soft skills in an engineering project created and accomplished by students. *EDULEARN13 Proceedings*, 3528-3531.
- Pozzi, R., Noè, C., & Rossi, T. (2015). Experimenting 'learn by doing' and 'learn by failing'. *European Journal of Engineering Education*, 40(1), 68-80. <https://doi.org/10.1080/03043797.2014.914157>
- ¿Qué eran y cómo surgieron los gremios medievales? (s. f.). Recuperado 3 de abril de 2018, a partir de <https://www.muyhistoria.es/curiosidades/preguntas-respuestas/que-eran-y-como-surgieron-los-gremios-medievales-381416561529>
- Ramos, J. L. B. (2004). Los medios de enseñanza: clasificación, selección y aplicación. *Pixel-bit. Revista de medios y educación*, (24), 113–124.
- Sergio Artal-Sevil, J., Manuel Artacho, J., & Romero, E. (2015). Learning by-Doing: An active strategy to improve the teaching-learning process in technical training. A case study in electrical and electronics engineering. En L. GomezChova, A. LopezMartinez, & I. CandelTorres (Eds.), *Edulearn15: 7th International Conference on Education and New Learning Technologies* (pp. 8194-8203). Valenica: Iated-Int Assoc Technology Education a& Development.
- Sevli, M. A., Turkaslan, B. E., & Yigitarslan, S. (2013). Science Education with the Method of Learning-by-doing. *2nd Cyprus International Conference on Educational Research (CY-ICER 2013)*, 89, 830-834. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.08.940>
- West, H., Flowers, W., & Gilmore, D. (1990). Hands-on Design in Engineering-Education - Learning by Doing What? *Engineering Education*, 80(5), 560-564.
- Yazici, Y. E., & Töre, E. (2014). Learning by Doing in Architectural Education: From Urban Design to Architectural Design, Yenikapi-Inebey Case Study. *Egitim ve Bilim; Ankara*, 39(175), 296-308.